

Title	Modeling of Biological and Economical Phenomena Based on Analysis of Nonlinear Competitive Systems(Abstract_要旨)
Author(s)	Uechi, Risa
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2015-03-23
URL	http://dx.doi.org/10.14989/doctor.k19108
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	ETD

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報 学)	氏名	上地 理沙
論文題目	Modeling of Biological and Economical Phenomena Based on Analysis of Nonlinear Competitive Systems 非線形競合システム解析に基づく生命と経済現象のモデル化		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、非線形かつ競合的な相互作用を持つシステムによる生命現象および経済現象のモデル化と解析について述べられており、7章から構成されている。</p> <p>第1章では、研究の背景と動機、特に生態系、生物における空間系パターン、代謝ネットワーク、経済ネットワークといった複雑系の特徴、および、それらを非線形競合システムとしてモデル化し、解析力学、統計力学における方法論や保存量を用いて解析していくことの意義について述べるとともに、本論文で提案している各モデルや解析法の目的と概要、論文の構成について述べている。</p> <p>第2章では、研究の数理的基盤であるオイラー・ラグランジュ方程式、ネーターの定理、ランダム行列理論について説明している。</p> <p>第3章では、オイラー・ラグランジュ方程式およびネーターの定理をもとに非線形の微分方程式系における保存量を導く手法を提案している。この手法に基づき、二次の非線形項を持ち二変数の対の組み合わせにより表現される$2n$次元の一階連立常微分方程式系の保存量を導出すると同時に、この手法が適用できる場合の係数に関する条件を導いている。そして、計算機シミュレーションにより、この保存量が実際に保存されていることを確認している。さらに、このモデル化の有用性と拡張性を示すために、生態系の数理モデルとして有名なロトカ・ボルテラ方程式に関して知られた保存量と同等の保存量が得られることを示すとともに、その変種に対して新たな保存量が得られることを示している。</p> <p>第4章では、第3章で対象とした微分方程式系に外乱に対応する項を追加した微分方程式系を提案している。そして、計算機シミュレーションにより、外乱による周期の乱れと保存量の変化が深く関連することを示すとともに、外乱を適切に調整することによりオオヤマネコとカンジキウサギの二種類の生物からなる実際の生態系の個体数の時間変動を精度よく再現できることを示している。また、第3章で提案した方法論がチューリングパターンなどの空間パターンを生成する反応拡散方程式系に対する保存量の導出にも適用できることを示している。</p> <p>第5章では、外乱の代謝ネットワークにおける影響を調べるために、単独もしくは複数の反応をロックアウトした場合の影響範囲を示す指標を推定するための新規な計算手法を分岐プロセス理論に基づき提案している。ロックアウトした反応数、ネットワークサイズと推定指標の関係について数値計算により既存手法と比較を行い、既存手法ではロックアウト数に対し推定指標が指数的に増加するのに対し、提案手法ではロックアウト数に対し推定指標がより緩やかに増加することを示し、さらに、この傾向が実際の代謝ネットワークデータを用いた計算機シミュレーション結果とより合致していることを示している。</p> <p>第6章では、経済システムにおける産業間の関係や産業の重要度の時間変化を調べるために、相関係数およびランダム行列に関する理論に基づく解析手法を開発している。特に、産業グループ (Sector) のある時期における重要度を表現する指標SDR (Sector Dominance Ratio) を新規に提案している、このSDRを米国、英国、ドイツ、日本の株価の時系列データに適用することにより、米国、英国とドイツ、日本における産業構造の違いなどが検出できることを示している。</p> <p>第7章は結論であり、本研究をまとめるとともに、今後の研究の方向性や課題について述べている。</p>			

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、非線形競合システムに基づく生命現象および経済現象の数理モデル化、解析手法、解析結果について述べたものであり、得られた成果は以下のとおりである。

(1) 二次の非線形項を持ち二変数の対の組み合わせにより表現される $2n$ 次元の一階連立常微分方程式系を提案し、それにオイラー・ラグランジュ方程式およびネーターの定理を適用することにより保存量を見出すとともに、その保存量を持つための係数に対する条件を得た。そして、より具体的な微分方程式系に適用することにより、既知の保存量と同等の保存量が得られること、および、新たな保存量が得られることを示した。

(2) 上記の微分方程式系に外乱を表現する項を追加したモデルを提案し、外乱による周期の乱れと保存量の変化が深く関連することを示した。さらに、外乱を適切に調整することにより二種類の生物からなる実際の生態系の個体数の時間変動を再現できることを示した。また、(1)で提案した手法が空間パターンを生成する反応拡散方程式系に対する保存量の導出にも適用できることを示した。

(3) 代謝ネットワークにおいて単独もしくは複数の反応をロックアウトした場合の影響範囲を示す指標を推定するための計算手法を分岐プロセス理論に基づき新たに開発した。既存手法ではロックアウト数に対して指数関数的に推定指標が増加したが、より緩やかに増加する推定指標を得ることができ、その結果は実際のネットワークデータを用いたシミュレーション結果ともより良く一致することを示した。

(4) 株価の時系列データをもとに産業間の関係を解析するために、産業グループ(Sector)のある時期における重要度を表現する指標SDR(Sector Dominance Ratio)を相関係数およびランダム行列に関する理論に基づき新規に提案した。そして、このSDRを米国、英国、ドイツ、日本の株価の時系列データに適用することにより、現実的に妥当と考えられる結果を得ることができた。

以上、本論文ではバイオインフォマティクスおよび複雑系科学における重要な研究課題である競合的生態系、パターン形成、代謝ネットワーク解析、経済ネットワーク解析に関して、新たな定式化、および、新規で有用ないくつかの手法を提案するとともに、シミュレーションデータおよび実データを用いた計算機実験により、それらの有効性を示している。提案手法のいずれもが新規性、有用性、拡張性の高いものであり、当該分野の発展のために十分な寄与をしている。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年2月18日に実施した論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。

注) 論文審査の結果の要旨の結句には、学位論文の審査についての認定を明記すること。更に、試問の結果の要旨(例えば「平成 年 月 日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。」)を付け加えること。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日： 年 月 日以降